INDARCO PROTECTION CATHODIQUE





HYDROCARBURE

OFFSHORE





INDUSTRIE

PIPELINE



INTRODUCTION

En plus de 30 ans d'activité, INDARCO a su développer de nombreuses solutions pour résoudre les problèmes de corrosion qui peuvent surgir sur des structures métalliques enterrées ou immergées, telles que conduites d'eau, de gaz et d'hydrocarbures, réservoirs de stockage, fondations d'ouvrages d'art ou d'immeubles, installations portuaires et coques de navires.

- Etudes de projets de protection cathodique
- Construction des équipements
- Recherches de défauts et assainissement d'ouvrages existants
- Localisation de corrosion sur tubes enterrés et immergés
- Contrôle, maintenance et service après-vente
- Assistance technique
- Organisation de conférences et séminaires
- Formation de personnel spécialisé

SOMMAIRE



I. LES EFFETS DE LA CORROSION

LA CORROSION PAR HETEROGENEITE A LA SURFACE DU METAL

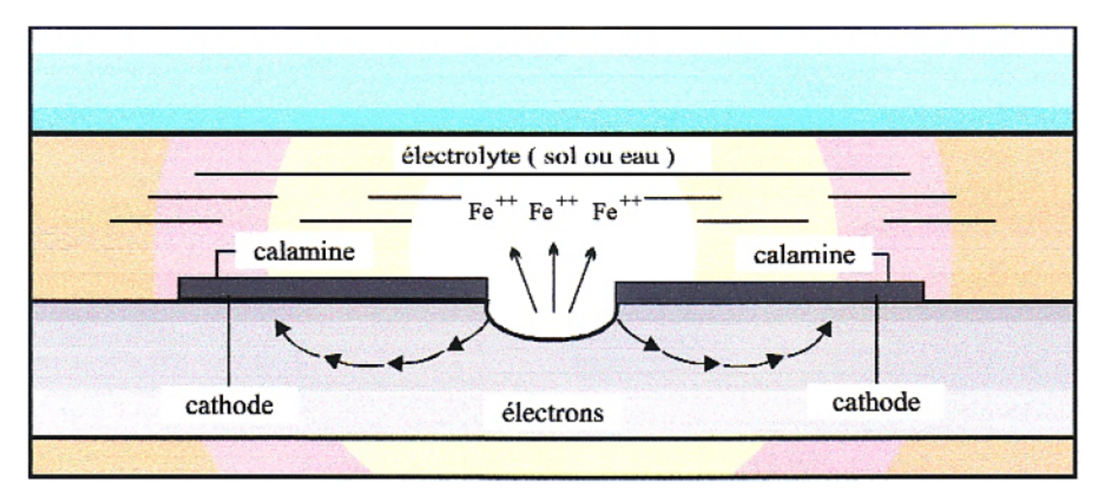


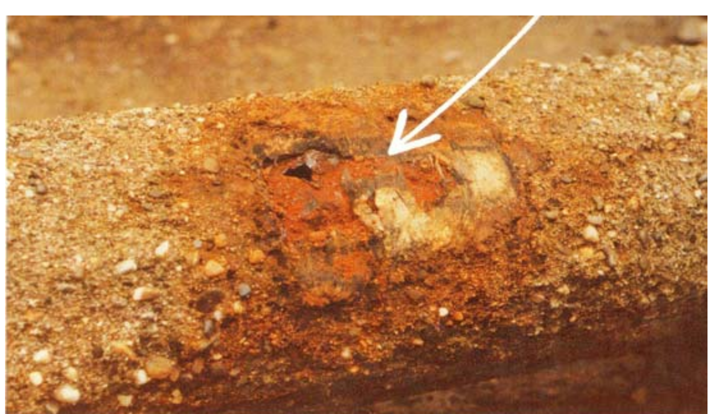
Réaction entre un métal et un milieu agressif

Cette réaction peut engendrer une corrosion généralisée

Attention ! ne pas lier électriquement un tube neuf à un tube oxydé

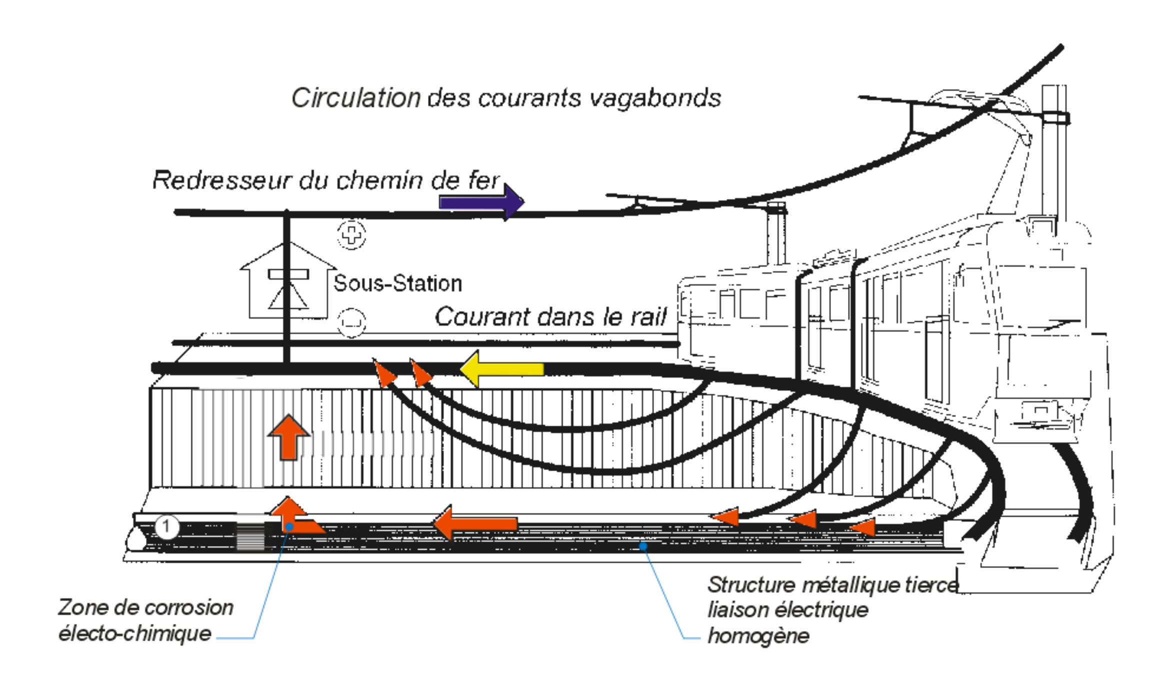
Hydroxyde de fer (10X le volume de fer, ce qui donne un aspect spectaculaire)





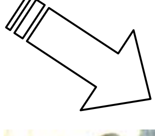


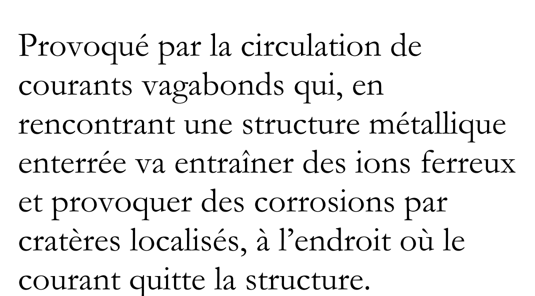
CORROSION DE TYPE ELECTRIQUE OU COURANT VAGABOND





Ces corrosions sont uniquement dues au courant continu. Type de corrosion fréquent sur des conduites enterrées influencées par des lignes de chemin de fer, trams, etc…




Provoqué par la circulation de courants vagabonds qui, en rencontrant une structure métallique enterrée va entraîner des ions ferreux et provoquer des corrosions par cratères localisés, à l'endroit où le courant quitte la structure.





CORROSION DE TYPE " PILE GEOLOGIQUE "

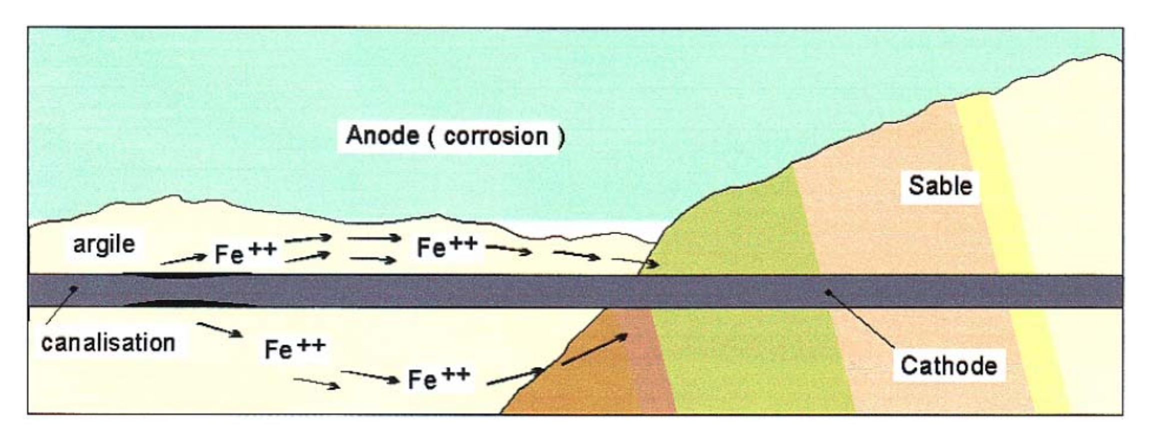
La corrosion de type « pile géologique » ou par « aération différentielle », est fréquente dans tous les terrains et toutes les installations enterrées ou immergées.

Une surface aérée prend un potentiel moins négatif que celui d'une surface non aérée.

La surface non aérée cède ses ions à la surface aérée et joue le rôle d'anode.

La corrosion par aération différentielle est donc assimilable à une corrosion de type électrique.





Dans le cas d'un pipeline qui traverse deux terrains différents (terre-glaise), rocaille)

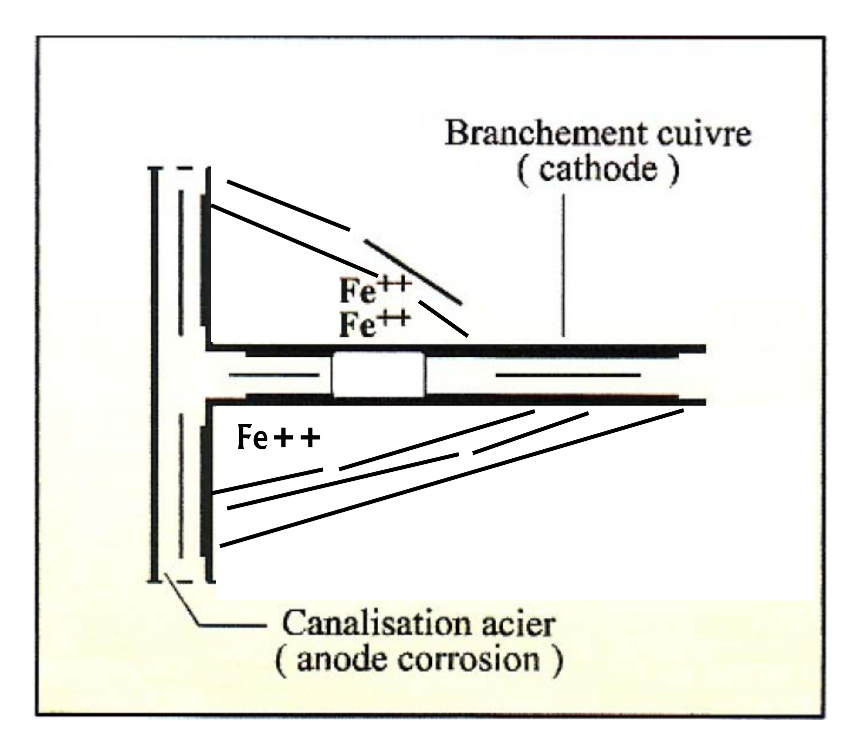


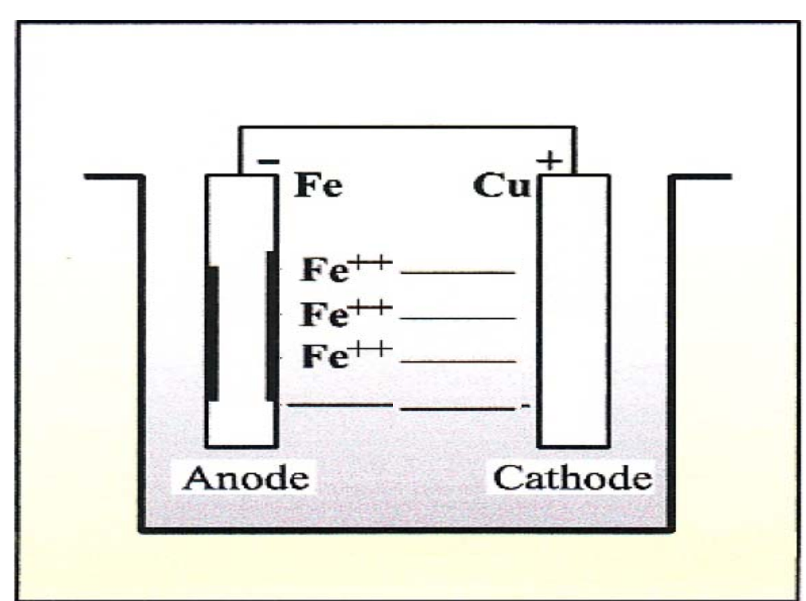
CORROSION PAR PILE GALVANIQUE

La corrosion par pile galvanique est obtenue par le contact de deux métaux différents avec corrosion du métal le moins noble qui tend à protéger le métal le plus noble.

C'est le cas de la corrosion des tubes en acier galvanisé accouplés à des tubes en cuivre montés sans séparation électrique.

De toute évidence, il est important de ne pas associer des métaux de nature différente, sans séparation galvanique.







CORROSION BACTERIENNE PAR MICRO-ORGANISME

Soit par aérobie qui exige de l'oxygène pour proliférer, soit par anaérobie (réductrice de sulfate) qui ne consomme pas d'oxygène mais dont le métabolisme produit de l'hydrogène sulfureux (H2S).

Ces dernières corrosions se caractérisent par le dégagement d'une odeur sulfureuse très prononcée.

Elles se rencontrent dans les terrains imperméables, souvent à proximité de la mer ou avec des eaux déjà chargées de bactéries.

Certains produits pétroliers en contiennent, avec comme corollaire des corrosions dans les tanks de stockage au niveau de la séparation entre les boues et les produits pétroliers.

Des micro-organismes se rencontrent également dans des terres chargées de détritus organiques.

Ce type de corrosion peut également apparaître à l'intérieur de conduites véhiculant de l'eau en circuit fermé, mais très rarement dans des conduites de distribution d'eau de boisson.

CORROSION SOUS TENSION

Provoquées par la fatigue du métal et se présentant sous la forme de micro-fissures.

Pour certains métaux, cette corrosion peut également être accélérée par la fragilisation due à la présence d'hydrogène.

CORROSION DANS LA FONTE







Il n’est pas possible de traiter les corrosions de conduites en fonte au même titre que les corrosions dans les conduites en acier.

Les conduites en fonte n’étant pas isolées du milieu ambiant, il est impossible de traiter par soutirage de courant.

Par contre, si la continuité électrique est assurée, il est possible de réaliser un drainage de courant afin de « canaliser les courants vagabonds ».

La corrosion dans la fonte se caractérise par des piqûres de la conduite sur une grande surface et ceci jusqu’à la rupture mécanique, qui en général provoque des dégâts impressionnants.

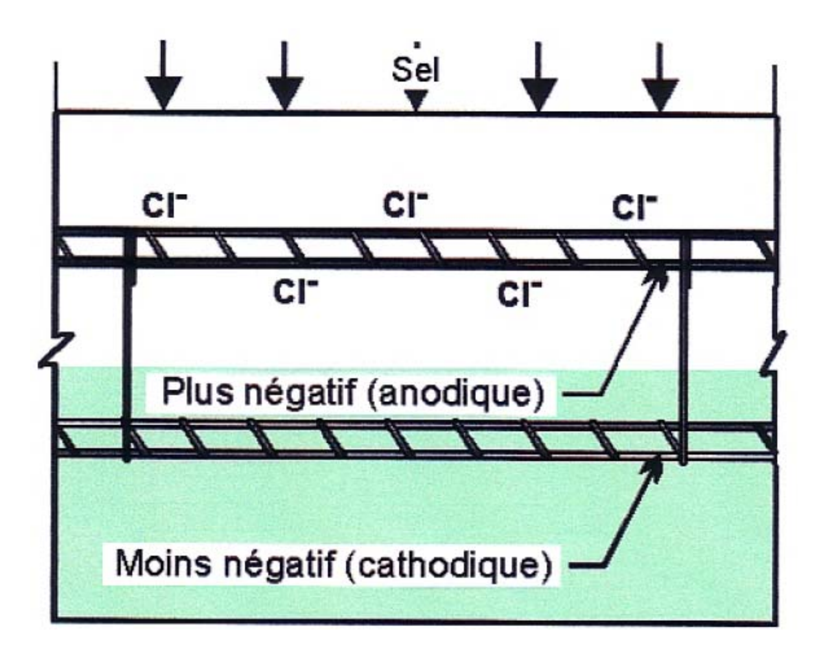
CORROSION DANS LE BETON

Dans le béton, milieu normalement alcalin, une couche d'oxyde se forme autour de l'armature d'acier et entraîne une passivation qui empêche le processus de corrosion.

Cependant, lorsque le béton contient du sel, les ions chlore détruisent cette passivation et l'armature se corrode. L'humidité et l'oxygène, éléments importants dans les phénomènes de corrosion, pénètrent naturellement dans le béton et alimentent en permanence la corrosion des armatures.

La rouille occupe un volume plus grand que l'acier et provoque, de ce fait, des tensions très importantes à la surface des armatures.

Comme le béton a un coefficient d'élasticité faible, ces forces provoquent rapidement des fissures dans le béton et finalement son décollement des fers.



Cette différence engendre une circulation de courant entre les deux couches de fers.

On remarque que le circuit est complété par un mouvement d'ions à travers le béton, qui fait office d'électrolyte.





II. LES MOYENS DE LUTTER CONTRE LA CORROSION

PROTECTION PASSIVE

- LE TRAITEMENT DU MILIEU
- LES REVETEMENTS



PROTECTION ACTIVE

- PAR ANODE SACRIFICIELLE
- PAR SOUTIRAGE DE COURANT
- PAR DRAINAGE DE COURANT

TRAITEMENT DU MILIEU

On traite le milieu (l'eau en particulier) pour diminuer ses caractères de corrosivité.
On obtient le ralentissement cinétique par addition d'inhibiteurs.

Ces traitements peuvent parfois conduire à substituer un type de corrosion grave, à un autre moins grave (corrosion par piqûre devenant corrosion uniforme). Le traitement du milieu corrodant peut aussi être destiné à provoquer l'apparition de dépôts protecteurs adhérents et continus.



Le remblai est parfait

TRAITEMENT DU MILIEU

Le remblayage des conduites est important, car il maintient le revêtement en bon état et par là une isolation optimale contre la corrosion.

La granulométrie du remblai ne doit pas dépasser l'épaisseur du revêtement et couvrir la conduite sur son pourtour complet.

Un minimum de précaution lors de la manutention des conduites ainsi qu'au remblaiement, offre une sécurité complémentaire aux méfaits de la corrosion.



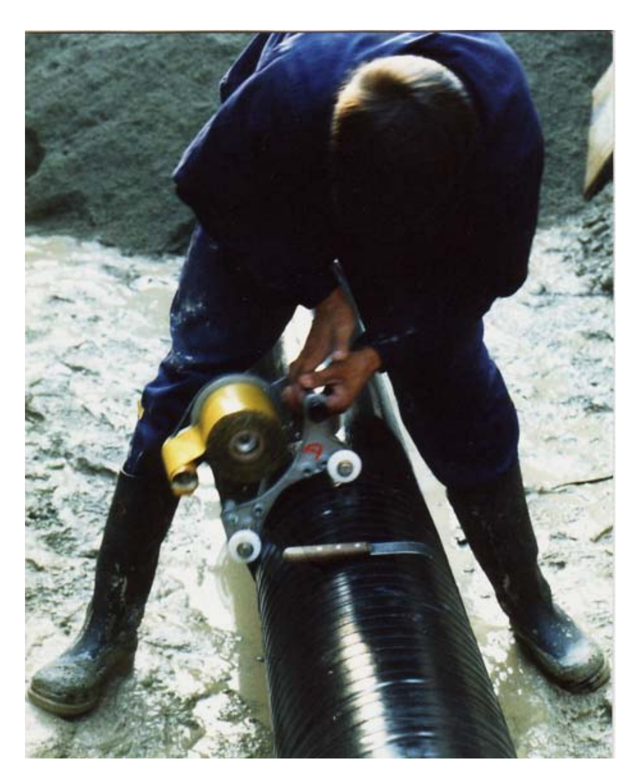
La chose à éviter absolument

REVÊTEMENTS = PROTECTION PASSIVE

Pour que les réactions anodiques et cathodiques diminuent d'intensité, on isole le métal du milieu corrodant à l'aide de revêtements. Ces revêtements peuvent être, soit d'autres métaux ou alliages moins sensibles à la corrosion, soit des matières plastiques ou des peintures ou encore des oxydes protecteurs formés à partir du métal lui-même (oxydation anodique).

LES DIVERS REVETEMENTS :

- Les revêtements à liant hydrocarboné
- Les thermoplastiques
- Les thermodurcissables
- Les thermorétractables



Pose de l'isolation thermoplastique

SOLUTION PARFAITE SI ISOLATION TOTALE…MAIS…

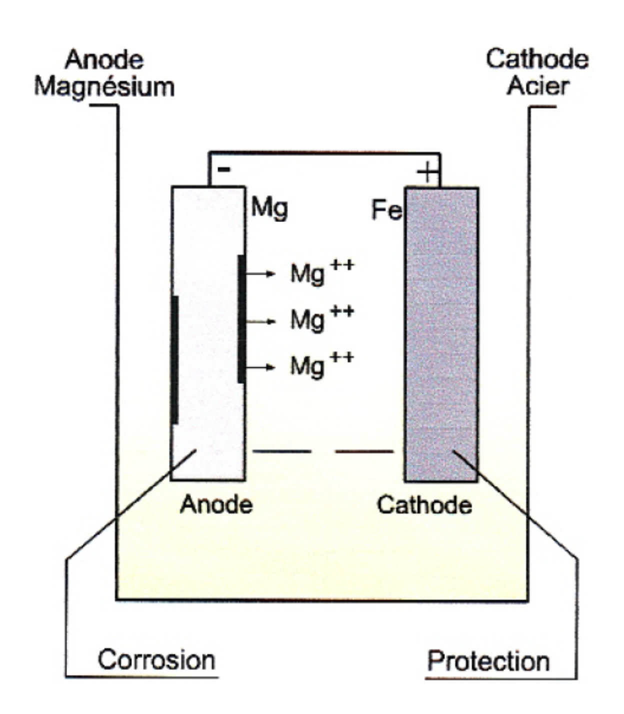
- Porosité
- Défaut à la pose
- Mauvais remblaiement
- Manque d'adhérence

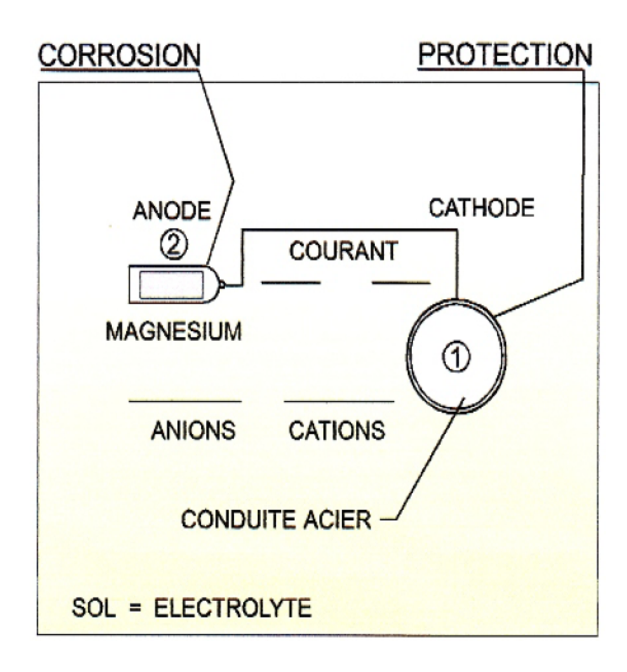
ANODES SACRIFICIELLES - PROTECTION ACTIVE

DOMAINE D'UTILISATION

Les anodes sacrificielles ou anodes réactives sont principalement utilisées dans des installations de petite dimension (cuves, filtres, chauffe-eau, canalisation de faible longueur).
Il n'est pas exclu toutefois de les utiliser pour protéger des structures importantes et des structures immergées, quand on ne dispose pas d'énergie électrique.

Un des aspects important dans le fonctionnement des anodes sacrificielles, c'est qu'elles ne peuvent être vraiment efficaces que dans les terrains à faible résistivité.





LE PRINCIPE

En associant une structure en acier (1) à un métal plus électro-négatif que lui (2), on constitue une dont l'acier sera la cathode. L'autre métal (anode) sera corrodé. Si l'on parvient à abaisser de la sorte suffisamment le potentiel de l'acier pour atteindre le critère de protection cathodique, l'acier restera à l'état métallique, s'entourera d'une gaine d'hydrogène et toutes les petites piles locales éventuelles seront annihilées.

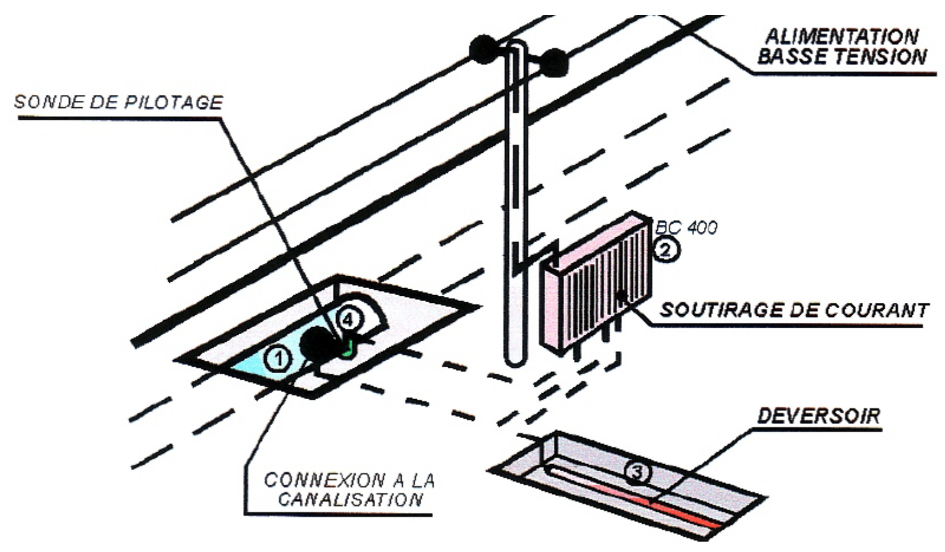
Les métaux susceptibles de servir d'anodes réactives sont : le magnésium, le zinc et certains alliages d'aluminium.



SOUTIRAGE DE COURANT - PROTECTION ACTIVE

L'objet à protéger (1)

L'objet à protéger est isolé de la terre par un revêtement de polyéthylène. Des joints isolants sont prévus aux endroits où le tube doit être mis à terre



soutirage de courant

Cette unité fournit à l'objet à protéger un courant de protection (débit de charge directionnelle) par l'intermédiaire d'un camp d'anodes (3) permettant ainsi sa polarisation négative.

La source est associée à une sonde de pilotage (4) qui mesure en tous temps le potentiel de protection entre le tube et la terre.

Le potentiel de protection est comparé à une valeur de consigne fixée et entraîne lors d'un écart entre ces deux grandeurs l'augmentation ou la diminution du courant de protection en fonction des perturbations,

Champ d'anodes (3)

Le champ d'anodes joue le rôle de déversoir. Il permet, sous une certaine tension entre anodes et tube, le passage du courant de protection.



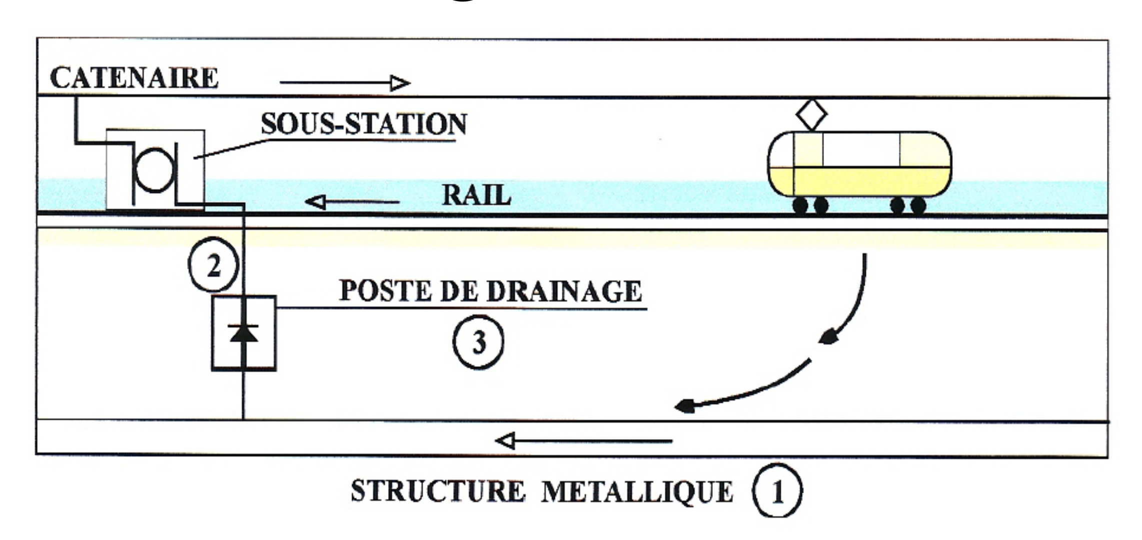
DRAINAGE DE COURANT - PROTECTION ACTIVE

Le drainage de courant est utilisé dans les cas où les risques d'électrolyse sont dus à la présence dans le sol de courants vagabonds.

L'objet à protéger (1)

On écarte le danger en reliant électriquement (2) l'objet au pôle négatif de la génératrice. Dans la majorité des cas c'est une voie ferrée qui est le perturbateur, donc on relie la structure à protéger au rail lui-même.

Les courants vagabonds qui circulent dans le réseau sont directement restitués à la génératrice par le câble de liaison (2) et ne passent plus par le sol.



L'appareil de drainage (3)

L'appareil de drainage est constitué de manière que les courants ne circulent que dans le sens conduite-rail.



III. INDARCO ET SES DIFFERENTS SERVICES









ETUDES ET SOLUTIONS

La base de toute construction passe par une étude technique; les problèmes et les solutions les plus adéquates y seront déterminées.

Dans le cas de la corrosion (trop souvent oubliée lors de la construction des ouvrages), la protection cathodique est directement liée à l'étude du tracé des structures enterrées ou immergées. Une étude permet de définir si les terrains sont agressifs naturellement (agressivité spécifique, piles géologiques,...) ou artificiellement (courants vagabonds, piles galvaniques,...).

Pour l'application de la protection cathodique, les caractéristiques principales de la structure sont fixées par le bureau d'étude. Au besoin un essai sur l'ouvrage déjà construit remplacera une étude préalable.

L'isolation de la canalisation est un paramètre capital pour la protection. Le type de revêtement étant fixé, sa valeur dépend beaucoup de la pose : manutention, fond de fouille, remblai, contrôle, etc..., c'est-à-dire des défauts cachés à la vue.

Notre appareil COROBOT, permet une vision réelle de l'état de la structure et une étude de protection adéquate aux problèmes présents.



MISE EN ŒUVRE DE LA PROTECTION CATHODIQUE

La protection cathodique peut être mise en œuvre sur des ouvrages à construire ou déjà construits.

Ces deux situations impliquent des ordres de travail un peu différents, mais le déroulement de cette mise en œuvre comporte de nombreux points communs.

OUVRAGES A CONSTRUIRE

1. Etude des risques sur le tracé
2. Etude des continuités et séparations galvaniques
3. Plans des ancrages
4. Plan de prévention des interférences
5. Calcul des équipements et choix des emplacements pour les anodes et points de mesure
6. Contrôle du revêtement
7. Montage des points de mesure
8. Montage des anodes
9. Mise en service

OUVRAGES ANCIENS

1. Réunion des plans de construction
2. Etude et réalisation des séparations galvaniques
3. Modification des ancrages
4. Montage des points de mesure
5. Essai de protection cathodique et évaluation des interférences
6. Recherche de contacts accidentels et défaut de revêtement
7. Dimensionnement de l'installation et choix d'emplacement des anodes
8. Montage des anodes et du poste de soutirage
9. Mise en service

SIMPLE ET EFFICACE

Les sources Indarco sont conçues pour fonctionner sous des alimentations 220V/50 Hz, ou jusqu'à 50Vcc.

La commande est entièrement électronique et automatique. Un entretien minimum est recommandé, car la protection cathodique est un principe actif de protection contre la corrosion qui doit fonctionner 24h/24h.



Vos installations seront équipées (en plus de la source), de points de mesure repartis sur la structure à protéger.

A l'aide d'enregistreurs graphiques, la collecte d'informations sur ces points, nous permet de contrôler la structure dans son ensemble et les effets réels du fonctionnement de votre protection cathodique.

Vos installations peuvent être équipées de télécommandes et de télémesures.



A CHAQUE INSTALLATION, UNE PROTECTION CATHODIQUE

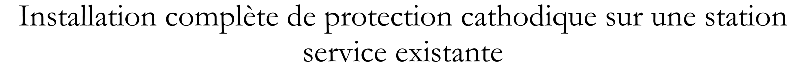
INDARCO dispose d'une infrastructure matérielle très efficace qui lui permet de travailler dans toutes conditions sur des installations existantes. Les travaux sont réduits à un minimum de frais en génie civil, lorsque la configuration ne permet pas de travailler avec de gros engins.



Carottage d'une surface de béton



Pousse-tube sous la surface (emplacement des anodes)



Installation complète de protection cathodique sur une station service existante



HIGH TECHNOLOGY



A l'aide d'enregistreurs programmables et autonomes tels que RAMLOG 8500 et 9000,
Indarco dispose d'un outil de travail idéal et performant, puisqu'il permet l'enregistrement d'un grand nombre d'informations avec une large autonomie et à frais réduits.

COMMENT ?

Les appareils RAMLOG 8500 sont utilisés principalement pour des enregistrements de longue durée (capacité de 8'000 à 32'000 mesures sur une année).

Les appareils RAMLOG 9000 sont plutôt destinés à un emploi mobile, puisque la programmation s'effectue directement sur l'appareil.

Avec une mémoire de plus de 100'000 mesures et 8 canaux différentiels par appareil, nos techniciens bénéficient d'une grande capacité d'action dans les contrôles par l'utilisation de cette gamme d'appareils que sont les RAMLOG 9000.



IV. MATERIELS & ACCESSOIRES

Anodes en Fonte FeSi

Anodes en Magnésium

Anodes en Zinc

Anodes en Titane Platiné

Backfill

Sondes de référence

Redresseurs

Joints isolants

Brides isolantes

Enregistreurs programmables

Télémesures

Interrupteurs cycliques

Appareils de mesure

Générateurs thermo-électriques

Générateurs d'essai

Panneaux solaires

Turbinettes à eau

Résistivimètres

Parasurtensions

Ponts de sécurité

Distanceurs

Peignes électriques



ANODES DE MAGNESIUM (SACRIFICIELLES)

Anodes rigides pour la protection cathodique des citernes et conduites enterrées :



Les anodes sont équipées d'un câble double isolation, généralement d'une longueur de 7.0 m et d'une section de 2.5mm². Elles sont logées dans un sac de coton contenant la masse de contact nécessaire (75% de gypse, 20% de bentonite et 5% de sulfate de sodium).

Diamètre	Longueur	Poids	Masse de contact
66 mm	914 mm	6 kg	---
115 mm	270 mm	5 kg	10 kg
115 mm	430 mm	8 kg	15 kg
115 mm	540 mm	10 kg	18 kg

Dimension	Longueur	Poids	Masse de contact
100 x 110 x 75 mm	545 mm	10 kg	12 kg
230 x 250 x 200 mm	510 mm	50 kg	---

Tout autre genre de construction peut être envisagée.

Anodes flexibles en chaîne pour chauffe-eau.

Si l'on ne dispose pas de place pour monter l'anode rigide, il est conseillé d'utiliser les anodes flexibles :

Diamètre des éléments	Longueur par éléments	Poids d'un élément	Distance entre les éléments	Longueur max. par chaîne
20 mm	118 mm	65 gr	42 mm	10 m
23,5 mm	165 mm	122 gr	31 mm	10 m



ANODES FERROSILICIUM (FeSi)

Anodes en fonte ferro-silicieuse ; de forme cylindrique. Ces anodes sont livrées avec un câble de raccordement de 3 mètres.

Elles peuvent être également livrées déjà prébackfillisées.



Dimensions normalisées

- 1" x 48" avec câble de 1 x 10 mm^2
- 1"1/2 x 60" avec câble de 1 x 10 mm^2
- 2" x 48" avec câble de 1 x 10 mm^2
- 2" x 48 avec câble de 1 x 16 mm^2
- 3" x 60" avec câble de 1 x 16 mm^2

BACKFILL DE GRAPHITE

Le backfill est constitué de poudre de graphite, de granulométrie 0-3mm.

Il est destiné à enrober les anodes. De manière générale, il est installé en vrac directement lors de la pose des anodes, mais il peut être aussi livré directement complémentaire à l'anode FeSi.

REDRESSEURS AUTOMATIQUES

Redresseurs INDA, alimentation 220V/50Hz : sortie continue selon puissance désirée ; commande électronique à régulation de potentiel constant ajustable de 1 à 5V. Instrument digital de contrôle du potentiel, du courant et de la tension de sortie. Protection par disjoncteur d'entrée et de sortie. Montage dans boîtier en acier ou directement dans une cabine indépendante.

INDA	5A-50V	Automatique
INDA	10A-50V	Automatique
INDA	20A-50V	Automatique
INDA	30A-50V	Automatique

Toutes constructions de plus grandes puissances ou de montage spécial sont également produites sur demande.

SONDE DE REFERENCE FIXE

Sonde de chantier fixe CuCuS04 permanente, avec 5 mètres de câble d'une section de 2.5mm^2, utilisée pour la régulation des redresseurs automatiques et pour les points de mesures fixes.

SONDE DE REFERENCE MOBILE

Sonde de laboratoire CuCuS04 mobile. Cette sonde est utilisée pour les contrôles, les études ou autres applications lors de déplacements.



JOINTS ISOLANTS

Tous modèles pour eau, gaz et hydrocarbures, à visser ou à souder.

Prix selon liste séparée

BRIDES ISOLANTES

Tous modèles pour eau, gaz et hydrocarbures.

Prix selon liste séparée

PONTS DE SECURITE

Le pont de sécurité est destiné à assurer un démontage ou une coupure de canalisation métallique sans risques d'amorçage d'un arc électrique ou décharge lors d'un contact du personnel exploitant.

PROTECTION PARASURTENSION

Eclateur pour atmosphère normale ou explosive

Tension d'amorçage : 1000V
Courant maximum : 10KA
Exécution normale ou étanche.

DISTANCEURS

Distanceurs pour tubes en fourreaux, passage de murs, etc…



INTERRUPTEUR CYCLIQUE AUTOMATIQUE

Dans les réseaux protégés cathodiquement par plusieurs redresseurs sans séparations galvaniques, il est impossible de mesurer le potentiel de polarisation (U Off) sans une télécommande synchronisée des redresseurs.

TELECODE INDARCO permet de déclencher simultanément, quelle que soit la source ; le courant de protection, afin de vérifier la valeur de polarisation.

TELEMESURE

Utilisée pour ramener les mesures (potentiel, courant, tension de sortie ou autres mesures) à un centre de contrôle.

Fonctionnement par boucle de courant.

Entrée : DC 1 – 5V
Sortie : DC 4 – 20 mA
Alimentation : 220V / 50Hz – 4 VA

PEIGNE ELECTRIQUE

Le peigne électrique INDA ICHT est un appareil de contrôle pour la compacité des revêtements de l'isolation des tubes avant leur mise en fouille et lors de réparation.

RESISTIVIMETRE

Le résistivimètre ELOHMI sert à la mesure des résistances de mise à terre et de la résistivité du sol, ainsi qu'à la mesure de faibles résistances en général.



ENERGIES DECENTRALISEES

TURBINETTE A EAU

Disponible sur des conduites d'eau où la pression est minimum de 6 bars, la turbinette offre l'avantage d'utiliser une énergie présente et un coût de mise en place avantageux.

Les turbinettes sont disponibles dans une gamme de puissance allant de 30 à 250W.

GENERATEUR THERMO-ELECTRIQUE

Le système fonctionne sur le principe d'une pile thermo-électrique, c'est-à-dire des thermocouples connectés en série. Quand la chaleur est appliquée à un côté des thermocouples et que le côté opposé est gardé frais, une portion de l'énergie thermique est convertie en énergie électrique. Le courant continu de circuler dans la charge aussi longtemps que la chaleur sera fournie.

PANNEAUX SOLAIRES EQUIPES

Générateur d'énergie constitué de panneaux photovoltaïques au silicium semi-cristallin.

- Panneaux solaires
- Dispositifs de blocage
- Régulateurs de charge
- Discriminateurs d'ensoleillement
- Batteries
- Signalisations et limiteurs de décharge

